Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 1, Spring 2022, p. 65-80

Effect of Irrigation and Nutrition Management on Yield and Yield Components of Quinoa in Birjand Conditions

H. Tabiei[1], R. Baradaran[2*], M. J. Seghatoleslami[2], S. Gh. Mousavi[2]

Received: 15-03-2021 Revised: 21-11-2021 Accepted: 27-11-2021	**How to cite this article:** Tabiei, H., Baradaran, R., Seghatoleslami, M. J., and Mousavi, S. Gh. R. 2022. Effect of Irrigation and Nutrition Management on Yield and Yield Components of Quinoa in Birjand Conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (1): 65-80. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/jcesc.2021.69421.1036.

Introduction

Quinoa is a plant that has received worldwide attention due to its ability to grow in different stresses. The seed protein content of this plant is higher than seeds and its protein quality is better than seeds and legumes. It is rich in the amino acids lysine, globulin, which makes it suitable for patients with celiac disease. These issues have led the food and agriculture organization of the United Nations (FAO) to prioritize its development, especially in countries facing environmental tensions.

Materials and Methods

An experiment was conducted during the two cropping years of 2019-20 as split plot in a randomized complete block design with three replications in the academic center for education, culture, and research (ACECR), Birjand, IR Iran in 2019 and 2020. The main factor was irrigation regimes at three levels (100% of reference evapotranspiration (ET0) (control), 65% of reference evapotranspiration, and 30% of reference evapotranspiration; the secondary factor was fertilizer levels at six levels (control, manure, vermicompost, NPK, 50% manure+ 50% NPK and 50% vermicompost+ 50% NPK). Water requirement was calculated using the FAO method using class A evaporation pan using equations 1 and 2. Then, considering the efficiency of 90% for water distribution in the field, irrigation was performed. In this method, to calculate the amount of water required by the plant, first evaporation was obtained from the daily pan evaporation (Ep) of the meteorological department and then multiplied by the pan coefficient (Kpan). The obtained value was the ET0. In this study inflorescence number per square meter, number of seed per plant, 1000 seeds weight, Chlorophyll index, leaf relative water content, seed yield and harvest index were measured.

Results and Discussion

The results showed that irrigation treatment of 30% of the reference evapotranspiration (severe stress) had a significant effect on the measured traits in both cropping years. In this treatment, seed yield decreased 38.4% and 32.6% compared to the 100% reference evapotranspiration treatment (control) in the first and second years, respectively. Also, yield and yield components were higher in integrated feeding systems than chemical and organic systems. The highest seed yield with an average of 3040.1 $kg.ha^{-1}$ was obtained from 50% vermicompost+ 50% NPK application. Based on the correlation results, 1000 seed weight was one of the most important components affecting on seed yield of quinoa. In both years, with increasing the intensity of stress from 100 to 35% of reference evapotranspiration, SPAD reading showed an increasing trend. The results of trait correlation showed that there is a positive and significant correlation between harvest index and 1000 seed weight with seed yield (r = 0.74) and (r = 0.83), respectively.

Conclusion

According to the results of this experiment, different irrigation regimes have different effects on quinoa growth. It is concluded that in quinoa, the dry matter decreases with increasing drought stress. In compared to

1- PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: r.baradaran@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.69421.1036

optimal irrigation treatment (100% of evapotranspiration), moderate and severe stress were significant decreased the number of fertile lateral branches per plant, inflorescence number per m^2, number of seeds per plant, 1000 seed weight, Chlorophyll index and seed yield treatments. Also, there was not a significant difference in seed yield between mild stress (65% of reference evapotranspiration) and control. The quinoa response to fertilizer application under enough irrigation was almost constant.

Keywords: Deficit irrigation, Evaporation pan, Nutrition system, Organic fertilizer, Relative water content

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۱، بهار ۱٤۰۱، ص ۸۰-٦٥

اثر آبیاری و مدیریت تغذیه بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا در شرایط بیرجند

حسین طبیعی[۱]، رضا برادران[۲*]، محمد جواد ثقه الاسلامی[۲]، سید غلامرضا موسوی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر آبیاری و سیستم تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقات جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی در دو سال ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. عامل اصلی رژیم‌های آبیاری در سه سطح: آبیاری معادل ۱۰۰ (شاهد)، ۶۵ و ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و عامل فرعی شش سطح کودی شامل: ۱- شاهد (عدم مصرف)، ۲- کود دامی، ۳- ورمی‌کمپوست، ۴- NPK، ۵- ۵۰٪ دامی+ ۵۰٪ NPK و ۶- ۵۰٪ ورمی‌کمپوست+ ۵۰٪ NPK بود. صفات تعداد گل آذین در مترمربع، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل، محتوی رطوبت نسبی برگ، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع (تنش شدید) تأثیر چشمگیری بر صفات اندازه‌گیری شده در هر دو سال زراعی داشت، به‌طوری‌که در این تیمار عملکرد دانه نسبت به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع (شاهد)، ۳۸/۴ و ۳۲/۶ درصد به‌ترتیب در سال اول و دوم کاهش یافت. همچنین عملکرد و اجزای عملکرد در سیستم‌های تغذیه تلفیقی نسبت به سیستم‌های شیمیایی و آلی بیشتر بود. بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۰۴۰/۱ کیلوگرم در هکتار از تیمار کاربرد ۵۰٪ ورمی‌کمپوست+ ۵۰٪ NPK به‌دست آمد. بر اساس نتایج ضرایب همبستگی، وزن هزار دانه از مهم‌ترین اجزای تاثیرگذار بر عملکرد دانه کینوا بود. بنابراین در منطقه بیرجند، سیستم تغذیه تلفیقی در شرایط آبیاری کافی برای حصول عملکرد اقتصادی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: تشتک تبخیر، رطوبت نسبی برگ، سیستم تغذیه، کم آبیاری، کود آلی

مقدمه

کشور ایران با متوسط بارش سالیانه ۲۵۲ میلی‌متر، به‌عنوان یکی از مناطق خشک و نیمه‌خشک شناخته می‌شود که به‌دلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش، متاسفانه در چند دهه اخیر با خشکسالی‌های متوالی و دوره‌ای هم مواجه شده است (Teimouri and Bazrafshan, 2017). استان خراسان جنوبی با متوسط بارندگی ۱۱۳ میلی‌متر که کمتر از میانگین کشور است در کمربند خشکی ایران قرار گرفته است (Anonymous, 2019). مهم‌ترین محدودیت تولید در این منطقه خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب است. یکی از راهکارهای مقابله با مسأله خشکی، تغییر الگوی کشت به سمت کاشت گیاهان مقاوم به شرایط سخت آب و هوایی و تنش‌های محیطی مثل خشکی و شوری به جای گیاهان با نیاز آبی زیاد و حساس می‌باشد (Reiahi, 2010).

گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* willd) گیاه یکساله از خانواده *Amaranthaceae* و از گروه گیاهان C3 می‌باشد و به خوبی با شرایط نامناسب خاک و شرایط بحرانی آب و هوایی سازگار است (Hariadi *et al.*, 2011). علاوه بر مقاومت زیاد به شرایط نامناسب محیطی، یک دانه بسیار غنی از نظر تغذیه‌ای می‌باشد که می‌تواند در تامین امنیت غذایی به‌ویژه در شرایط خشکسالی نقش مهمی را ایفا کند و ارزش اقتصادی زیادی نیز در میان محصولات کشاورزی در بازار جهانی دارد (Esfandiari sabzevar *et al.*, 2018).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب و دسترسی به آن در زمان‌های حساس رشد گیاهان زراعی، مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد اقتصادی است (Khaninejad *et al.*, 2016). در تحقیقی

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: r.baradaran@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jcesc.2021.69421.1036

بیشترین عملکرد دانه کینوا به‌ترتیب در تیمارهای ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر مشاهده شد، تیمار تنش خفیف، نسبت به تنش ملایم ۲۴ درصد و از تنش شدید ۳/۴ برابر بیشتر عملکرد دانه را دارا بود (Ziaei *et al.*, 2020). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که وزن خشک بوته و ریشه کینوا در شرایط تنش خشکی نسبت به عدم تنش کاهش یافت (Conzalez *et al.*, 2009). قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2011) در گزارشی بیان کردند که بیشترین عملکرد دانه ذرت (*Zea mays*) تحت شرایط آبیاری مطلوب حاصل شد و گیاهان تحت شرایط تنش ملایم در رتبه دوم قرار گرفتند. در گزارش دیگری با افزایش آب مصرفی تا ۸۰ درصد مقدار آب تبخیر شده از تشتک تبخیر کلاس A، محتوی کلروفیل a و b کلزا (*Brassica napus* L.) افزایش پیدا کرد (Pazaki *et al.*, 2007).

موضوع تغذیه گیاه به‌ویژه در شرایط تنش خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر تنش، تغییرات زیادی دارد. گیاهی که تغذیه خوب شده مقاوم به خشکی بهتری خواهد داشت (Lal *et al.*, 1993). بنابراین مدیریت تغذیه گیاه از طریق کاربرد کودهای آلی و شیمیایی در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولیدات گیاهی محسوب می‌شود. مواد آلی افزون بر فراهم کردن عناصر غذایی، آثار مختلفی بر خصوصیات مرتبط با فیزیک خاک دارند (Pedra *et al.*, 2006). کود دامی از طریق اصلاح ساختمان، احیای باروری و تنوع زیستی، باعث افزایش حاصل‌خیزی و تعادل نیتروژن و کارایی جذب فسفر خاک می‌شود (Brussard and Ferrera Cenato, 1997). همچنین کود دامی پس از متلاشی شدن تنوع میکرو ارگانیسم‌های خاک را افزایش داده و به ارتقای ظرفیت تبادل کاتیونی خاک[1] می‌انجامد (Ghosh *et al.*, 2004). افزایش فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی خاک از نتایج استفاده از ورمی‌کمپوست است، مجموعه این عوامل موجب افزایش شاخص سطح برگ، افزایش سرعت تجمع ماده خشک و افزایش عملکرد می‌شود (Koocheki *et al.*, 1995). احمدی نژاد و همکاران (Ahmadinejad *et al.*, 2013) اعلام کردند که افزایش سطح کودهای آلی از ۳۰ به ۶۰ تن در هکتار شاخص کلروفیل برگ‌ها را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در گزارشی روی گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) نیز مشخص شد که مصرف کودهای آلی باعث افزایش تعداد دانه در بوته شد که دلیل این افزایش، بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و همچنین افزایش آب قابل دسترس گیاه ناشی از بهبود فیزیکی خاک بیان شد (Moradi, 2009). در بررسی پاسخ گندم (*Triticum aestivum* L.) به سطوح مختلف کمپوست و کود دامی گزارش شد که مصرف کود دامی و کمپوست تعداد پنجه در بوته، ارتفاع سنبله و عملکرد کاه و دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Ibrahim *et al.*, 2010). نتایج آزمایش دیگری نشان داد که کود دامی باعث افزایش ماده خشک و میزان کلروفیل برگ جو بهاره (*Hordeum vulgare*) شد (Ofosu-Anim and Leitch, 2009).

مصرف کود شیمیایی در شرایط کم آبیاری بسیار دقیق و حساس است، اگر رطوبت کافی وجود نداشته باشد کود شیمیایی تصعید و از دسترس گیاه خارج و یا هم با تغییر در نسبت $\frac{C}{N}$ گیاه موجب گیاه سوزی و یا بوته میری خواهد شد (Fageria and Baligar, 2005). فقدان کود آلی در خاک‌های ایران و بارش‌های اندک از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی کاربرد کود شیمیایی است (Jalali and Bahrani, 2014). در گزارشی بیان شد مصرف نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند با افزایش میزان آسیمیلاسیون، منجر به افزایش تعداد دانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن صد دانه و عملکرد دانه شود (Yarnia *et al.*, 2009). گزارش شده که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، فسفات آمونیم و اوره می‌توانند در افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات رشدی کنجد (*Sesamum indicum* L.) موثر باشد (Rahbar Keykha *et al.*, 2017). چون نیتروژن تأثیر مستقیم در ساختمان کلروفیل دارد، لذا تأمین کافی آن از طریق مصرف کود شیمیایی نیتروژنه باعث افزایش میزان فتوسنتز و همچنین میزان تولید کلروفیل می‌شود (Ojaghloo *et al.*, 2007). افزایش نیاز به پتاسیم در گیاهان تحت تنش خشکی به‌دلیل نقش پتاسیم در تثبیت دی‌اکسید کربن و این‌که تنش با بستن روزنه‌ها ضمن کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن سبب تولید فرمهای فعال اکسیژن می‌شود ضروری‌است (Cakmak, 2005).

در تحقیقی بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۳۶۳ سنبله)، عملکرد دانه (۴۱۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار) گندم در تیمار مصرف کود دامی و ۶۰ درصد اوره توصیه شده و کمترین تعداد سنبله در مترمربع (۲۲۸/۳ سنبله)، عملکرد دانه (۲۵۰۰/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم مصرف کود به‌دست آمد (Moradi *et al.*, 2016). کودهای شیمیایی و بیولوژیک در تحقیقی موجب تولید حداکثر عملکرد دانه، وزن هزاردانه ذرت (*Zea mays*) شد (Amujoyegbe *et al.*, 2007). در بررسی تأثیر تلفیقی کودها بر روی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) گزارش شد که صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر در گیاه، تعداد بذر در چتر و عملکرد دانه افزایش پیدا می‌کند (Forouzandeh *et al.*, 2015). در پژوهش دیگری نیز استفاده توأم از کود زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی بیشترین تأثیر مثبت بر عملکرد شنبلیله (*Coriandrum sativum* L.) داشت (Dadrasan *et al.*, 2015). اعلام شد بیشترین (۱۴/۲۵) و کمترین (۵/۳۳) میانگین تعداد بذر در هر چترک گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

1- Cation Exchange Capacity (CEC)

به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و کاربرد توأم ۵۰ درصد اوره+ کود بیولوژیک نیتروکارا و آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و عدم مصرف کود به‌دست آمد (Yeganehpour *et al.*, 2017). در گزارشی بهره‌گیری از مصرف تلفیقی کود گاوی+ شیمیایی و تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، عملکرد غوزه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) را بهبود بخشید (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2021).

با توجه به خشکسالی‌های اخیر و لزوم تغذیه کافی و مناسب برای جمعیت رو به رشد، هدف از اجرای این پژوهش بررسی میزان اثر بخشی سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا در شرایط کم آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده[1] در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی در تاریخ ۲۰ فروردین (کشت بهاره) و طی دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا شد. این منطقه با موقعیت جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین دمای سالانه ۱۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه آن ۱۷۱ میلی‌متر گزارش شده است (Weather base). عامل اصلی رژیم‌های آبیاری در سه سطح شامل: ۱- آبیاری معادل ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع (شاهد)، ۲- آبیاری معادل ۶۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ۳- آبیاری معادل ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و عامل فرعی سطوح کودی در شش سطح شامل: ۱- شاهد (عدم مصرف کود)، ۲- کود دامی، ۳- ورمی‌کمپوست، ۴- NPK، ۵- ۵۰ ٪ دامی+ ۵۰ ٪ NPK و ۶- ۵۰ ٪ ورمی‌کمپوست+ ۵۰ ٪ NPK) بود. براساس آنالیز انجام گرفته از خاک، کود فسفره از منبع سوپرفسفات تریپل (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) تامین و قبل از کاشت به خاک افزوده شد. کود اوره (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) در دو مرحله شامل ۵۰ درصد قبل از کاشت و مابقی به‌صورت سرک در مرحله ۸-۶ برگی استفاده شد. برای اعمال تیمار کود دامی، میزان ۳۵ تن در هکتار کود گاوی پوسیده و هفت تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست قبل از کاشت کاملاً با خاک مخلوط شد. به‌منظور انجام آزمایش خاک در هر سال یک نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ تهیه شد که نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ آمده است. خصوصیات شیمیایی کودهای مورد استفاده در جدول ۲ و نتایج مربوط به مشخصات اقلیمی در سال‌های آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است.

رقم مورد استفاده در این پژوهش رد کینوا[2] که از جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی تهیه گردید و کاشت به روش خشکه‌کاری به‌صورت ردیفی که هر کرت فرعی شامل پنج خط کاشت به طول پنج متر و با فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو کرت اصلی دو متر در نظر گرفته شد. عملیات تنک و وجین علف‌های هرز در مرحله شش تا هشت برگی، تا رسیدن به تراکم نهایی ۲۰ بوته در متر مربع انجام شد.

نیاز آبی با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد. سپس با راندمان ۹۰ درصد برای پخش آب در مزرعه آبیاری انجام شد. در این روش برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز گیاه، ابتدا تبخیر از تشتک روزانه (Ep) اداره هواشناسی اخذ و سپس در ضریب تشتک ضرب شد (Kpan). حاصل ضرب این دو مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع بود (ET0) (Howell *et al.*, 2008).

$$ET0= Kpam\times Ep \quad (۱)$$

در هر دو سال تحقیق در تاریخ ۲۰ آبان عملیات برداشت در هر کرت با حذف حاشیه بوته‌های موجود در سه متر طول از هر ردیف انجام پذیرفت. صفات تعداد گل آذین در متر مربع، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص اسپد، محتوی رطوبت نسبی برگ، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. محاسبه اجزای عملکرد و عملکرد دانه بر اساس شمارش در ۲۰ بوته محاسبه و میانگین ۲۰ بوته برای هر کرت درنظر گرفته شد.

شاخص برداشت محصول از تقسیم عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) بر عملکرد بیولوژیکی محاسبه شد. تعیین محتوای نسبی رطوبت برگ، در مرحله ۹۵ درصد رسیدگی فیزیولوژیک انجام و بدین منظور از هر گیاه، برگ پرچمی انتخاب شد. برگ پرچم بلافاصله پس از برداشت توزین شد (وزن تازه). سپس برگ‌ها در دمای اتاق به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر نگهداری شدند تا آماس کامل پیدا نماید. سپس از آب خارج و آب سطحی آن توسط دستمال کاغذی خشک و وزن شد (وزن آماس). در آخر به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت و پس از خشک شدن به کمک ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شد (وزن خشک). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Smart and Bingham, 1974).

$$RWC = (\frac{WF-Wd}{Wt-Wd}) \times 100 \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، RWC: محتوای نسبی آب برگ بر حسب درصد؛ WF: وزن تازه برگ؛ Wt: وزن برگ پس از آماس کامل و Wd: وزن خشک برگ بر حسب گرم است.

محتوی کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل‌متر مدل 502 Plus

1- Split plot

2- Red Quinoa

و از برگ پرچمی اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که عدد قرائت شده از ابتدا، وسط و انتهای برگ پرچم میانگین‌گیری شد و اعداد مربوط به میانگین سه بوته از هر تیمار به‌عنوان محتوی کلروفیل برگ در نظر گرفته شد. این کار بعد از شروع تنش به فاصله هر دو هفته یکبار تکرار شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در دو سال ۹۸ و ۹۹ (عمق ۳۰- ۰ سانتی‌متر)

Table 1- Soil physical and chemical analysis in 2019 and 2020 (depth of 0 to 30 cm)

سال Year	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	ماده آلی O.C	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	نیتروژن کل N Total	فسفر P(ave)	پتاسیم K(ave)	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
			(%)					(ppm)					
2019	7.9	3.73	0.08	74	14	12	0.013	4.4	168	0.68	0.94	0.24	0.36
2020	7.7	3.72	0.09	74	15	11	0.015	4.6	168	0.67	0.99	0.25	0.37

جدول ۲- خصوصیات کودهای آزمایش

Table 2- Fertilizer properties of the experimental

انواع کود Fertilizers information	خاکستر Ash	ماده آلی O.C	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	درصد رطوبت Humidity percentage
	(%)					(ppm)						
شیمیایی (Chemical)	***	***	7.5	9.1	16.1	***	***	***	***	***	***	***
کود دامی (Manure)	55	21.5	1.2	0.6	1.57	2482	256	71	15	8.0	16.5	***
ورمی‌کمپوست (Vermicompost)	70	15.4	0.8	0.7	0.42	3795	277	105	20	8.3	3.19	44.7

جدول ۳- مشخصات اقلیمی سال ۹۸ و ۹۹ منطقه مورد آزمایش

Table 3- Climatic parameters of the experimental site in 2019 and 2020

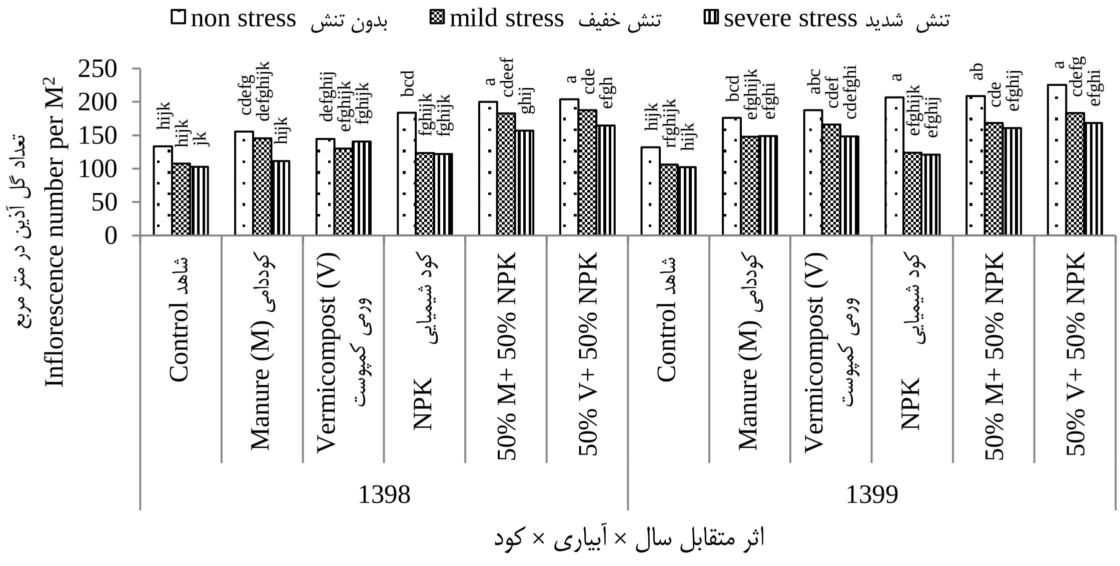
ماه Month	میانگین حداقل دما Mean min. temperature (°C)		میانگین حداکثر دما Mean max. temperature (°C)		میانگین حداقل رطوبت Mean min. humidity (%)		میانگین حداکثر رطوبت Mean max. humidity (%)		میانگین میزان بارندگی Mean precipitation (mm)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
فروردین (April)	10.5	8.2	23.8	20.4	22.6	25.5	68.0	85.9	0	16.0
اردیبهشت May	13.8	13.8	28.7	29.5	11.9	12.5	51.4	57.2	0	2.0
خرداد (June)	18.0	19.4	33.4	36.6	11.8	6.4	44.1	27.7	0	0
تیر (July)	24.2	22.2	38.9	37.4	6.5	8.2	23.7	25.6	0	0
مرداد (August)	22.1	22.4	37.4	38.5	6.3	6.3	26.7	29.5	0	0
شهریور (September)	17.8	15.4	34.9	32.2	6.8	10.4	27.1	38.3	0	0
مهر (October)	10.5	9.3	27.2	27.6	11.7	7.3	38.9	30.1	0	0
آبان (December)	7.4	4.4	21.1	23.2	26.5	13.3	65.5	46.0	0	0

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد گل آذین در متر مربع

اثر ساده‌ی سال و همچنین برهمکنش سال در سطوح آبیاری در کود بر تعداد گل آذین در متر مربع معنی‌دار ($p<0.05$) بود (جدول ۴). مقایسه میانگین برهمکنش سه‌گانه تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد گل آذین در متر مربع (۲۲۵ گل آذین) از کاربرد تیمار تلفیقی ۵۰ ٪ ورمی‌کمپوست+ ۵۰٪ NPK در شرایط عدم تنش از هر دو سال زراعی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد تلفیقی ۵۰ ٪ کود دامی+ ۵۰٪ NPK و کاربرد کود شیمیایی در شرایط عدم تنش دیده نشد (شکل ۱). کمترین تعداد گل آذین در متر مربع با میانگین ۱۰۳/۷ گل آذین از تیمار بدون کود در شرایط تنش شدید (۳۵٪ ET0) حاصل شد که اختلاف ۵۳/۹ درصدی با تیمار کاربرد تلفیقی کود در شرایط عدم تنش داشت. استفاده از تیمارهای کود تلفیقی در شرایط تنش در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ باعث بهبود این صفت نسبت به شاهد (عدم تنش) شده است. نتایج نشان داد در هر دو سال، اثرات تنش خشکی در کاهش تعداد گل آذین در متر مربع همراه با کاربرد کود شیمیایی شدیدتر بود. می‌توان گفت، مصرف ورمی‌کمپوست و کود دامی، با بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و سپس توسعه‌ی سیستم ریشه تأثیر بیشتری بر افزایش تعداد گل آذین در شرایط تنش خشکی طی سال‌های آزمایش نسبت به کود شیمیایی داشته و توانسته اثرات منفی تنش خشکی را نیز جبران می‌کند (Azimzadeh *et al.*, 2016). در حالی‌که با مصرف کودهای شیمیایی در شرایط کمبود رطوبت، امکان محلول شدن و انتقال به سمت ریشه گیاه از طریق جریان توده‌ای نبوده و سبب تصعید و یا عدم جذب کود توسط گیاه شده است (Faizi Asl and Valizadeh, 2003).



شکل ۱- تاثیر کودهای مختلف و سطوح آبیاری بر تعداد گل آذین در متر مربع در دو سال. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

بدون تنش، تنش خفیف و تنش شدید به ترتیب آبیاری بعد از ۱۰۰ (شاهد)، ۶۵ و ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع.

Figure 1- Effect of different fertilizers and irrigation levels on inflorescence number per m^2 in 2 year. Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

non stress, mild stress and severe stress: irrigation after 100, 65, and 30 % of reference evapotranspiration respectively.

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد کینوا تحت سطوح مختلف آبیاری و مدیریت تغذیه

Table 4- Combined analysis of variance for yield and yield components of Quinoa under irrigation levels and nutrition management

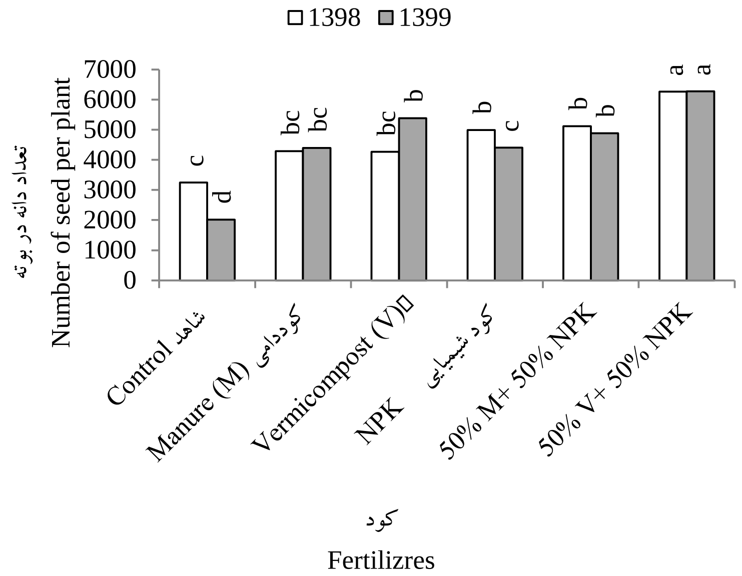
S.O.V منابع تغییرات	درجه آزادی d.f	تعداد گل آذین در متر مربع Inflorescence number per m^2	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن هزار دانه 1000 seeds weight	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	محتوی رطوبت نسبی برگ Leaf relative water content	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
سال Year (Y)	1	24204*	2534592.9ns	3.7037 *	1032.12ns	967.20 ns	1025564ns	4526.41 ns
خطای a Error a	4	6206.75	6513938	0.1464	97.99	146.33	986657	175.80
آبیاری Irrigation (I)	2	19210ns	20889025.5ns	1.4095 *	155.34ns	629.09 ns	8473256*	2369.42 ns
Y× I	2	1228.14ns	2816764.5ns	0.0517 ns	80.76*	167.16 ns	318829ns	455.40 ns
خطای b Error b	8	1454.98	6898205.3	0.0842	19.83	291.54	943625	196.16
کود Fertilizers (F)	5	1592.53ns	20809556.8ns	0.1228ns	76.57ns	248.68 ns	5265115ns	966.81*
Y× F	5	2786.19ns	10314356.1**	0.1577ns	27.26ns	317.30 ns	1783875**	98.55 ns
I× F	10	1720.96ns	901935.6ns	0.0399ns	25.75ns	205.77 ns	264392ns	164.68 ns
Y× I× F	10	1304.13*	849647.2ns	0.0604ns	19.48 ns	175.17 ns	186022ns	226.17 ns
خطای c Error c	60	501.69	1158234.6	0.0487	19.98	149.53	161652	154.89
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	16.2	22.8	10.5	12.7	18.4	20.3	23.7

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار.

ns,* and **: are non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که برهمکنش سال در کود بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار (p <۰/۰۵) بود و برای سایر تیمارها تاثیر معنی‌داری دیده نشد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها (شکل ۲) بیشترین تعداد دانه در بوته در سال اول (۶۲۶۲ دانه) و دوم (۶۲۷۵/۱ دانه) از سیستم‌های تغذیه تلفیقی ۵۰٪ ورمی‌کمپوست+ ۵۰٪ NPK حاصل شد و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین سال‌های مختلف تحقیق مشاهده نشد. روند افزایشی تعداد دانه در بوته، تحت تأثیر کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و آلی در هر دو سال به‌خوبی بیانگر اثر مثبت آن‌ها بر این صفت می‌باشد. گزارش شده است مدیریت تغذیه تلفیقی منجر به انتقال مواد پرورده به مخزن (دانه) و افزایش تعداد دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) گردید (Yousefipor *et al.*, 2019). ایزان و همکاران (Izan *et al.*, 2020) نتایج مشابهی با کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی گزارش کردند مبنی بر افزایش تعداد دانه در طبق آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) موید نتایج حاضر است.



شکل ۲- تاثیر کودهای مختلف بر تعداد دانه در بوته در دو سال. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

بدون تنش، تنش خفیف و تنش شدید به‌ترتیب آبیاری بعد از ۱۰۰ (شاهد)، ۶۵ و ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع.

Figure 2- Effect of different fertilizers on number of seed per plant in 2 year. Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

non stress, mild stress and severe stress: irrigation after 100, 65, and 30 % of reference evapotranspiration respectively.

وزن هزار دانه

میانگین وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر اثرات ساده سال و رژیم آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط مطلوب (۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع) با میانگین ۲/۳۲ گرم و کمترین آن در تنش شدید (۳۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع) با میانگین ۱/۹۶ گرم حاصل شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد کاهش وزن هزار دانه در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز و کربوهیدرات و توزیع نامناسب مواد ذخیره‌ای عوامل کاهش‌دهنده وزن هزار دانه در شرایط تنش شدید باشد (Gholipour *et al.*, 2016). در تحقیقی اعلام شد که تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد بیشترین اثر را در وزن دانه گندم داشته است. آن‌ها اظهار داشتند که وزن هزار دانه در شرایط تنش شدید ۱۹ درصد افت نشان داد. لذا تنش خشکی از طریق کاهش وزن هزار دانه موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Barjasteh *et al.*, 2019). در بررسی سایر محققان نیز کمبود آب باعث کاهش مدت پر شدن دانه و در نهایت کاهش وزن آن شد (Khodabin *et al.*, 2020; Barati and Bijanzadeh, 2020).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده کینوا تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری و مدیریت تغذیه

Table 5- Mean comparison measured traits in Quinoa under irrigation levels and nutrition management

منبع تغییرات Sources of variation	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seeds weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
آبیاری (Irrigation)		
I1	2.32 A	55.37 A
I2	2.00 B	58.93 A
I3	1.96 B	43.44 A
کود (Fertilizers)		
شاهد (Control)	1.96 A	42.24 C
کود دامی (Manure)	2.10 A	46.93 BC
ورمی کمپوست (Vermicompost)	2.09 A	53.67 B
NPK	2.07 A	54.07 B
۵۰ ٪ دامی +۵۰ ٪ NPK (50% manure+ 50% NPK)	2.14 A	55.05 AB
۵۰ ٪ ورمی‌کمپوست + ۵۰ ٪ NPK (50% vermicompost+ 50% NPK)	2.21 A	63.54 A

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

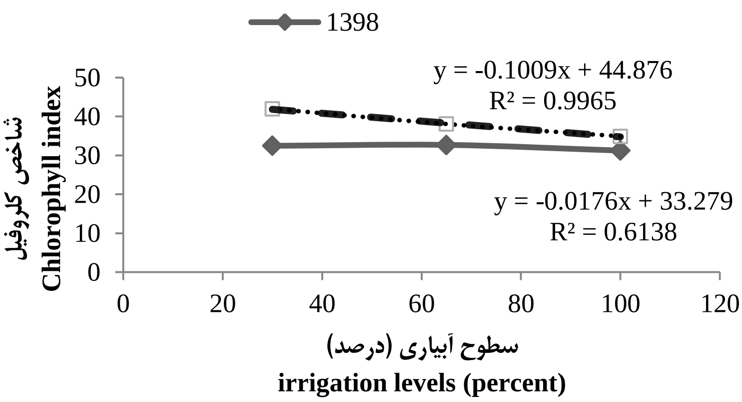
Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.

I1، I2 و I3: به‌ترتیب آبیاری معادل ۱۰۰ (شاهد)، ۶۵ و ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع.

I1, I2 and I3: 100%, 65% and 30% of reference evapotranspiration respectively.

شاخص کلروفیل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، تاثیر برهمکنش تیمار سال در آبیاری بر شاخص کلروفیل معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$) (جدول ۴). در هر دو سال با افزایش شدت تنش از ۱۰۰ به ۳۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع، شاخص کلروفیل روند افزایشی را نشان داد. به عبارت دیگر کاهش بیشتر محتوای آب در دسترس، باعث افزایش شاخص کلروفیل شد (شکل ۳). باید توجه داشت که شاخص کلروفیل به‌هیچ عنوان مقدار کلروفیل را مشخص نمی‌کند بلکه تخمینی از غلظت کلروفیل است. در شرایط تنش تا ۳۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع، هم‌زمان با کاهش محتوی آب درون سلولی، غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ افزایش یافته است. شاید در شدت‌های تنش خشکی بالاتر از این سطح در حد مقاومت کینوا نباشد و سبب تخریب کلروفیل شود. گزارش شده با افزایش شدت تنش از ۱۰۰ به ۳۰ درصد ظرفیت زراعی (FC) باعث افزایش ۱۲/۵ درصدی شاخص کلروفیل در مقایسه با شاهد در آفتابگردان (*Helianthus annuus*) شد (Nezami *et al.*, 2008). مطابق با تحقیق حاضر بیان شده که افزایش تنش خشکی منجر به افزایش قابل توجهی در محتوی کلروفیل گندم شد (Ommen *et al.*, 1999).



شکل ۳- تاثیر سطوح آبیاری بر شاخص کلروفیل در دو سال

Figure 3- Effect of irrigation levels on Chlorophyll index in 2 year

محتوی رطوبت نسبی برگ[1]

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد محتوی رطوبت نسبی برگ تحت تاثیر سال، سطوح آبیاری، کود، و برهمکنش آن‌ها قرار نگرفت (جدول ۴). این روش برای تعیین وضعیت آب برگ و مقایسه محتوای آب برگ با حداکثر مقدار آب ممکن در برگ در فشار تورگور کامل کاربرد دارد (Ihuoma *et al.*, 2017). اگرچه فشار تورگور یک عامل کلیدی برای گسترش سلول است، اما برخی مطالعات کاهش رشد برگ را حتی برای برگ‌های تورگد نشان داده‌اند. در مطالعه‌ای میزان طویل شدن برگ فلفل (*Capsicum annuum*) پس از روز دوم آبیاری کاهش یافت که این نشان می‌دهد، انبساط سلول همیشه با تورگور همراه نیست (Ismail *et al.*, 2002). انبساط سلول به سایر فرآیندهای متابولیکی و فیزیکی مانند رسوب مواد مغذی و متابولیت (چوبی شدن دیواره سلول) نیز بستگی دارد که بر قابلیت توسعه دیواره سلول و جذب آب تأثیر می‌گذارد (Shackel *et al.*, 1987). در گزارش دیگری روی گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) اعلام شد که در اوایل تنش از نظر محتوی رطوبت نسبی برگ، اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و تنش وجود نداشت، اما پس از گذشت یک هفته و با افزایش شدت تنش، محتوای آب نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Heidari, 2015). بدین معنی که از این شاخص تنش خشکی فقط برای مواقعی می‌توان استفاده کرد که در شرایط محیطی نوسانات بسیار کمی وجود دارد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد عملکرد دانه کینوا تحت تاثیر اثرات متقابل دوگانه سال× کود ($p<0.01$) و اثر ساده رژیم آبیاری ($p<0.05$) معنی‌دار و اثرات متقابل سه‌گانه این دو تیمار غیر معنی‌دار می‌باشد. در بررسی اثر سطوح آبیاری بر میانگین عملکرد دانه مشخص شد که در تیمار عدم تنش (۱۰۰٪ تبخیر و تعرق گیاه مرجع)، بیش‌ترین عملکرد به‌دست آمد که در دو سال زراعی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از تیمار تنش شدید (۳۰٪ تبخیر و تعرق گیاه مرجع)، کمترین عملکرد دانه را در هر دو سال زراعی به‌دست آمد (شکل ۴).

در بررسی اثر کودها بر عملکرد دانه (شکل ۵) بیش‌ترین میانگین این صفت در دو سال زراعی از کاربرد تیمار تلفیقی 50% V+ 50% NPK با میانگین ۳۰۴۰/۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کمترین آن مربوط به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) بود. به‌طور کلی کودهای نیتروژنی باعث انباشت بیشتر نیتروژن در قسمت‌های رویشی و سپس انتقال به دانه شده و ذخیره پروتئین را در دانه افزایش داده و باعث افزایش غلظت نیتروژن دانه می‌گردند. همچنین گزارش شده است که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش محتوای نیتروژن بوته و عملکرد ارقام کینوا شد (Shahmansouri, 2015). تنش‌آب به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز و به‌طور غیرمستقیم بر ورود دی‌اکسید کربن به درون روزنه‌ها اثر بگذارد که با محدودشدن فرآورده‌های فتوسنتزی، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار کاهش می‌شود (Kolenc *et al.*, 2016). در گزارشی کاهش آب آبیاری به میزان ۵۰ درصد منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به میزان ۲۱/۲ درصد شد. افزایش بهره‌وری مصرف‌آب در پژوهش گونزالو توبر و همکاران (González Teuber *et al.*, 2018) روی کینوا نیز در شرایط تنش رطوبتی مشاهده شد. کاهش عملکرد تحت تنش کم آبی، توسط محققان‌دیگر نیز گزارش شده است (Jamali *et al.*, 2020).

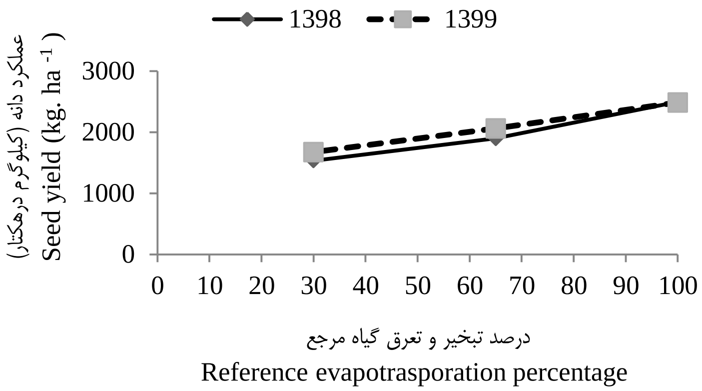
شاخص برداشت

کودهای مصرف شده در این پژوهش تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت کینوا داشتند ($p<0.05$) (جدول ۴). بیشترین شاخص برداشت (۶۳/۵ درصد) مربوط به کاربرد تیمار ۵۰٪ ورمی‌کمپوست + ۵۰٪ NPK و کمترین آن مربوط به شاهد (۴۲/۲ درصد) بود که ۳۳/۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵). احمدی نژاد و همکاران (Ahmadinejad *et al.*, 2013) در بررسی اثر کودهای آلی و نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های رشدی گندم گزارش کردند بیشترین شاخص برداشت از کاربرد تلفیقی کود دامی + ۵۰٪ اوره حاصل شد. افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در تیمارهای تلفیقی کود آلی+ کود اوره نشان‌دهنده این است که این تیمارها عملکرد دانه را بیشتر از عملکرد بیولوژیک افزایش داده است. زیرا بر اساس فرمول شاخص برداشت (عملکرد اقتصادی تقسیم به عملکرد بیولوژیک) هر عاملی که سبب بهبود بیشتر عملکرد دانه نسبت به وزن خشک کل گیاه شود باعث تغییر شاخص برداشت می‌شود (Mohammadian and Malakooti, 2002).

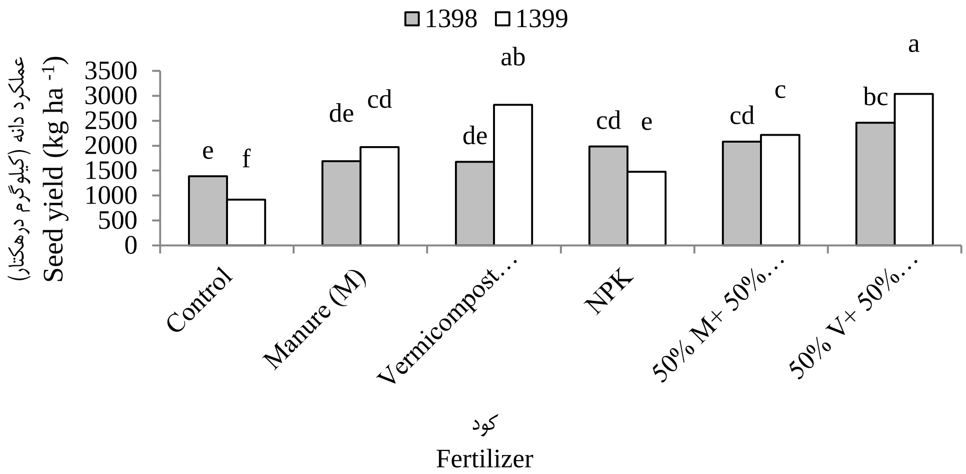
همبستگی بین صفات

بررسی ضرایب همبستگی صفات کینوا (جدول ۶) نشان داد که عملکرد دانه گیاه با صفات تعداد گل آذین در متر مربع (r= 0.679)، تعداد دانه در بوته (r= 0.692)، وزن هزار دانه (r= 0.838)، محتوی رطوبت نسبی برگ (r= 0.592) و شاخص برداشت (r= 0.742) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارد.

1- Leaf relative water content (RWC)



شکل ٤- تاثیر سطوح آبیاری بر عملکرد دانه
Figure 4- Effect of irrigation levels on seed yield



شکل ٥- تاثیر کودهای مختلف بر عملکرد دانه در دو سال. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Figure 5- Effect of different fertilizers on seed yield in 2 year. Columns with at least one common letter do not differ significantly from Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

جدول ٦- همبستگی بین خصوصیات اندازه‌گیری شده کینوا تحت تاثیر برهمکنش آبیاری و کود
Table 6- Correlation between measured characteristics of Quinoa as affected by interaction of irrigation and fertilizer

تیمار Treat	تعداد گل آذین در متر مربع Inflorescence number per M^2 (1)	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant (2)	وزن هزار دانه 1000 seeds weight (3)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index (4)	محتوی رطوبت نسبی برگ Leaf relative water content (5)	عملکرد دانه Seed yield (6)	شاخص برداشت Harvest index (7)
1	1						
2	0.1889ns	1					
3	0.6724**	0.4778*	1				
4	-0.2735ns	0.4293ns	-0.2230ns	1			
5	0.5226*	0.3741ns	0.5092*	0.09264ns	1		
6	0.6796**	0.6921**	0.8380**	0.0861ns	0.5922**	1	
7	0.6213**	0.5940**	0.5330*	0.1534ns	0.4243ns	0.7420**	1

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار.

ns,* and **: are non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

با توجه به نتایج ضرایب همبستگی بین صفات، مشاهده شد که وزن هزاردانه از مهم‌ترین اجزای تاثیرگذار بر عملکرد دانه گیاه کینوا است که با نتایج سلیمانی‌فرد و ناصری (Soleymani Fard and Naseri, 2020) در گیاه گندم نان همخوانی دارد. گل پرور و همکاران (Golparvar *et al* ., 2006) نیز شاخص برداشت را به‌عنوان صفات مؤثر در توجیه تغییرات عملکرد گزارش کرده‌اند. نتایج مطالعه‌ی حاضر حاکی از آن است که در بین صفات، افزایش در تعداد گل آذین در متر مربع، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه را می‌توان به‌عنوان معیارهای گزینش برای بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بیان کرد.

نتیجه‌گیری

مشخص شد که رژیم‌های مختلف آبیاری تأثیرات متفاوتی بر رشد کینوا دارد. در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب (۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع)، تنش متوسط و شدید به‌طور قابل توجهی تعداد گل آذین در متر مربع، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل و عملکرد دانه را کاهش داد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تنش ملایم (۶۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه مرجع) با شاهد از نظر عملکرد وجود نداشت. پاسخ کینوا به کاربرد کود تحت تنش خشکی تقریبا ثابت بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که استفاده تلفیقی از کود آلی و شیمیایی برای منطقه مورد مطالعه به‌دلیل تعدیل اثرات تنش آب و افزایش جذب آب و عناصر غذایی، از کاربرد کود شیمیایی، به نظر می‌رسد به‌دلیل عدم محلول شدن در شرایط کمبود رطوبت، تصعید و نهایتاً عدم جذب توسط گیاه باشد. بنابراین در شرایط بیرجند، کاربرد توام کود آلی و شیمیایی در شرایط رطوبتی مناسب می‌تواند موجب حفظ عملکرد کینوا و حداکثر استفاده از منابع آب شود.

References

1. Ahmadinejad, R., Najafi, N., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of Wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Water and Soil Science 23 (2): 177-194. (in Persian with English abstract).
2. Amujoyegbe, B. Y., Opbode, J. T., and Olayinka, A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of *Zea mays* and *Sorghum bicolor*. Plant Science 46: 186-174. DOI: 10.5897/AJB2007.000-2278.
3. Anonymous, 2019. Long-term rainfall statistics of Iran. Iran water resources management company. Online available at: https://web.archive.org/web/20180418074514/http://wrs.wrm.ir/m3/gozaresh.asp
4. Azimzadeh, S., Nassiri Mahallati, M., and Koochaki, A. 2016. Study on replacement probability of organic with chemical fertilizers in Canola (*Brassica napus*) under two deficit and full Irrigation conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (4): 587-598. (in Persian with English abstract).
5. Barati, V., and Bijanzadeh, E. 2020. Grain yield and its components of titicale as affected by silicon foliar application, nitrogen fertilizer and water stress in reproductive phase. Iranian Journal of Field Crops Research 18 (4): 435-449. (in Persian with English abstract).
6. Barjasteh, A., Nezami, A., Khazaie, H., and Zand, E. 2019. Effects of deficit irrigation and wild oat (*Avena ludoviciana*) density on yield and yield components of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 17 (1): 1-14. (in Persian with English abstract).
7. Brussard, L., and Ferrera Cenato, R. 1997. Soil ecology in sustainable agricultural systems. New York: Lewis publishers, USA, P: 168.
8. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 521-530.https://doi.org/10.1002/jpln.200420485.
9. Dadrasan, M., Chaichi, M. R., Pourbabaee, A. A., Yazdani, D., and Keshavarz-Afshar, R. 2015. Deficit irrigation and biological fertilizer influence on yield and trigonelline production of fenugreek. Indian Crops Production 77: 156-162. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.08.040.
10. Dehghanzadeh, H., and Adavi, Z. 2019. The effect of integrated management of organic and chemical fertilization on yield, oil, and essential oil of Black cumin (*Nigella sativa* L.) in different irrigation regimes. Journal of Crop Production 12 (1): 161-189. (in Persian with English abstract).
11. Esfandiari sabzevar, T., Tatari, M., amd Farokhi, H. 2018. Antioxidative properties comparison of *Chenopodium quinoa* leaves and seeds extract: in vitro study. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences 25 (3): 353-361. (in Persian with English abstract).
12. Fageria, N. K., and Baligar, V. C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plant. Advance in Agronomy 88: 97-185. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6.
13. Faizi Asl, W., and Valizadeh, G. R. 2003. The effect of time and nitrogen consumption on the yield of dry land wheat. Journal of Soil and Water Sciences 17 (1): 38-29. (in Persian with English abstract).
14. Forouzandeh, M., Karimian, M. A., and Mohkami, Z. 2015. Effect of drought stress and different types of organic

fertilizers on yield of cumin components in Sistan region. European Journal of Medicinal Plants 5 (1): 95-100.
15. Ghasemi, C., Siavoshi, K., Choukan, R., Khavasi, K., and Rahmani, A. 2011. Effect of biological phosphate fertilizer on grain yield and its components in corn 704 single cross (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. Seed and Plant Production Journal 27-2 (2): 219-233. (in Persian with English abstract).
16. Gholipour, S., Ebadi, A., and Permon, G. H. 2016. Components of different genotypes of grain of bread wheat. Crop Physiology Jouranl 8 (11): 111-128.
17. Ghosh, P. K., Ajay, Bandyopadhyay, K. K., Manna, M. C., Mandal, K. G., Misra, A. K., and Hati, K. M. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology 95 (1): 85-93. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.011.
18. Golparvar, A. R., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., Ahmadi, A., and Harvan, E. M. 2006. Factor analysis of morphological and morphophysiological traits in bread wheat genotypes under drought and non-drought stress conditions. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 72: 52-59. (in Persian with English abstract).
19. González, J. A., Gallardo, M., Hilal, M., Rosa, M., and Prado, F. E. 2009. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning. Botanical Studies 50: 35-42.
20. González-Teuber, M., Urzúa, A., Plaza, P., and Bascuñán-Godoy, L. 2018. Effects of root endophytic fungi on response of *Chenopodium quinoa* to drought stress. Plant Ecology 219 (3): 231-240. https://doi.org/10.1007/s11258-017-0791-1.
21. Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E., and Shabala, S. 2011. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. Journal of Experimental Botany 62 (1): 185-193. https://doi.org/10.1093/jxb/erq257.
22. Heidari, N. 2015. Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 27 (5): 829-839. (in Persian with English abstract).
23. Howell, T. A., Evett, S. R., Tolk, J. A., Copeland, K. S., Colaizzi, P. D., and Gowda, P. H. 2008. Evapotranspiration of corn and forage sorghum for silage. World Environmental and Water Resources Congress 10 (1): 886-889.
24. Ibrahim, M., Hassan, A. U., Arshad, M., and Tanveer, A. 2010. Variation in root growth and nutrient element concentration in wheat and rice: effect of rate and type of organic materials. Soil and Environment 29: 47-52.
25. Ihuoma, S. O., and Madramootoo, C. A. 2017. Recent advances in crop water stress detection. Computers and Electronics in Agriculture 141: 267-275. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.07.026.
26. Ismail, M. R., Davies, W., and Awad, M. H. 2002. Leaf growth and stomatal sensitivity to ABA in droughted pepper plants. Science Horticulture 96: 313-327. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00117-6.
27. Izan, T., Javanmard, A., Shekari, F., and Abbasi, A. 2020. Evaluation of yield, yield components and some physiological traits of sunflower with integrative application of biological, chemical, and organic fertilizers under different irrigation levels. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 30 (3): 87-111. (in Persian with English abstract).
28. Jalali, A. H., and Bahrani, M. J. 2014. Effect of crop reduce and nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency in Corn (*Zea mays*) production. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 102: 197-204. (in Persian with English abstract).
29. Jamali, S., Goldani. M., and Zeynodin, S. 2020. Evaluation the effects of periodic water stress on yield and water productivity on Quinoa. Iranian Journal of Irrigation & Drainage 13 (6): 1687-1697. (in Persian with English abstract).
30. Jazayeri, S., Mousavinik, S., Bahreininejad, B., and Ghanbari, S. 2020. Effect of organic and chemical fertilizers on growth indices, yield and yield components of Guar in different plant densities. Horticultural Plants Nutrition 3 (1): 87-104. Doi: 10.22070/hpn.2020.5254.1080.
31. Khaninejad, S., Khazaie, H., Nabati, J., and Kafi, M. 2016. Effect of three species of mycorrhiza inoculation on yield and some physiological properties of two potato cultivars under drought stress in controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (4): 558-574. (in Persian with English abstract).
32. Khodabin, G., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Shirani Rad, A., Modarres-Sanavy, S., and Bakhshande, E. 2020. The effect of withholding irrigation and foliar application of Zn and Mn on yield and eco-physiological Characteristics of Rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 18 (1): 85-100. (in Persian with English abstract).
33. Kolenc, Z., Vodnik, D., Mandelc, S., Javornik, B., Kastelec, D., and Čerenak, A. 2016. Hop (*Humulus lupulus* L.) response mechanisms in drought stress: Proteomic analysis with physiology. Plant physiology and biochemistry 105: 67-78. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.03.026.
34. Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashemi Dezfuli, A. 1995. Sustainable Agriculture Systems. Mashhad University

Press.
35. Lal, P., Chhipa, B. R., and Kumar, A. 1993. Salt affected soil and crop production: a modern synthesis. Agro Botanical Publishers, India, 375 pp.
36. Mohammadi, S., Nahvi, M., and Mohadesi, A. 2015. The effect of irrigation interval on vegetative different stage on yield and yield component in rice line and varieties. Applied Field Crops Research 28 (107): 108-114. (in Persian with English abstract).
37. Mohammadian, M., and Malakooti, M. J., 2002. Evaluation of the effect of two types of compost on physical and chemical properties of soil and main yield. Soil and Water Sciences 16 (2): 144-151. (in Persian with English abstract).
38. Moradi, M., Soleymanifard, A., Naseri, R., Ghasemi, M., and Abromand, K. 2016. The changes of agronomic traits and harvest index of wheat under the effect of manure and plant growth promotion bacteria at different levels of nitrogen. Crop Physiology Journal 7 (28): 73-90. (in Persian with English abstract).
39. Moradi, R. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Dissertation of MSc Master's degree, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
40. Nezami, A., Khazaeia, H. R., Boroumand Rezazadehb, Z., and Hossein, A. 2008. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. Desert (Biaban)12: 99-104.
41. Ofosu-Anim, J., and Leitch, M. 2009. Relative efficacy of organic manures in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) production. Australian Journal of Crop Science 3: 13-19.
42. Ojaghloo, F., Farah, F., Hassanzadeh, S. A., and Javanshir, A. 2007. Effect of inoculation with azotobacter and barvar 2 phosphate biofertilizers on safflower yield. Journal of Agricultural Science 1 (3): 5-39. (in Persian with English abstract).
43. Ommen, O. E., Donnelly, A., Vanhoutvin, S., Vanoijen, M., and Manderscheid, R. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO2 concentration and other environmental stress within ESPACE-Wheat project. Europian Journal of Agronomy 10: 197-203. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00011-8.
44. Pazaki, A., Shirani Rad, A. H., Habibi, D., Madani, H., and Shamsi, K. 2007. Effect of drought stress on chlorophyll a and b content on two rapeseed cultivars. Plant and Ecosystem 10: 50-56. (in Persian with English abstract).
45. Pedra, F., Polo, A. Ribero, A., and Domingues, H. 2006. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on minerlization of soil organic matter. Soil Biology & Biochemistry 29: 1375-1382. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.12.014.
46. Rahbar Keykha, F., Khammari, E., Dahmardeh, M., and Forouzandeh, M. 2017. Effect of nano bio-fertilizer and chemical fertilizer application on quantitative and qualitative yield of Sesame cultivars. Journal of Crop Science Research in Arid Regions 1 (2): 177-190. (in Persian with English abstract).
47. Rahimizadeh, M., Kashani, A., and Zare Faizabadi, A. 2010. The effect of preceding crop, nitrogen fertilizer and return of crop residue on growth and yield of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (1): 98-110. (in Persian with English abstract).
48. Reiahi, R. 2010. Drought stress management and alternative cultivation patterns to reduce water cnsumption in southern khorasan region. National Conference on Drought Stress Management and Water Shortage in Agriculture, Arsanjan. Iran.
49. Rezvani Moghaddam, P., Asadi, Gh. A., Aghavani,Shajari, M., and Ranjbar, F. 2021. Yield and water use efficiency for Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a medicinal plant in Mashhad condition. Iranian Journal of Field Crops Research 18 (4): 373-384. (in Persian with English abstract).
50. Shackel, K. A., Matthews, M. A., and Morrison, J. C. 1987. Dynamic relation between expansion and cellular turgor in growing grape (*Vitis vinifera* L.) leaves. Plant Physiology 84: 1166-1171. https://doi.org/10.1104/pp.84.4.1166.
51. Shahmansouri, R. 2015. Reaction of quinoa cultivars to nitrogen levels. MSc Thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran. (in Persian with English abstract).
52. Smart, R., and Bingham. G. E. 1974. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiology 53: 258-260. https://doi.org/10.1104/pp.53.2.258.
53. Soleymani Fard, A., and Naseri, R. 2020. Evaluation of relationships between grain yield and agro-physiological traits of bread wheat genotypes under rainfed conditions. Environmental Stress in Crop Science 13 (3): 701-714. (in Persian with English abstract).
54. Teimouri, F., and Bazrafshan, O. 2017. Analysis of temporal distribution of rainfall in Iran over the past four decades. Geography and Development Iranian Journal 15 (48): 171-188. (in Persian with English abstract).
55. Weather base: Historical Weather for Birjand, Iran. https://www.weatherbase.com/weather/weather-summary.php3?s=90804&cityname=Birjand%2C+Khorasan-e+Jonubi%2C+Iran&units=.
56. Yarnia, M., Safaie, P., Khorshidi-benam, M., and Farajzadeh, E. 2009. Effect of drought stress and potassium

sulfate on yield and yield components of sunflower. New Finding in Agriculture 3 (3): 317-332. (in Persian with English abstract).

57. Yeganehpour, F., Zehtab Salmasi, S., Shafaq Kalvanagh, J., and Ghasemi Golazani, K. 2017. Effect of drought stress chemical and biofertilizer and salicylic acid on grain yield and yield components of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Crop Production 9 (4): 37-55. (in Persian with English abstract).
58. Yousefipor, M., Lack, S., and Payandeh, K. 2019. Evaluation of the Combined Effect of Biological and Chemical Phosphorous Fertilizers and Micronutrient on Seed and Protein Yield of Barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Ecophysiology 49 (1): 103-120. (in Persian with English abstract).
59. Ziaei, S. M. M., Salimi, K., and Amiri, S. R. 2020. Investigation of quinoa cultivation (*Chenopodium quinoa* Willd.) under different irrigation intervals and foliar application in saravan region. Crop Physiology Journal 12 (45): 113-125. (in Persian with English abstract).